

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11266228 A**

(43) Date of publication of application: **28 . 09 . 99**

(51) Int. Cl. **H04J 13/00**  
**H01Q 3/26**  
**H01Q 3/40**  
**H01Q 25/00**

(21) Application number: **10068524**

(22) Date of filing: **18 . 03 . 98**

(71) Applicant: **FUJITSU LTD**

(72) Inventor: **TANAKA YOSHIAKI**  
**KOBAYAKAWA SHIYUJI**  
**TSUTSUI MASABUMI**

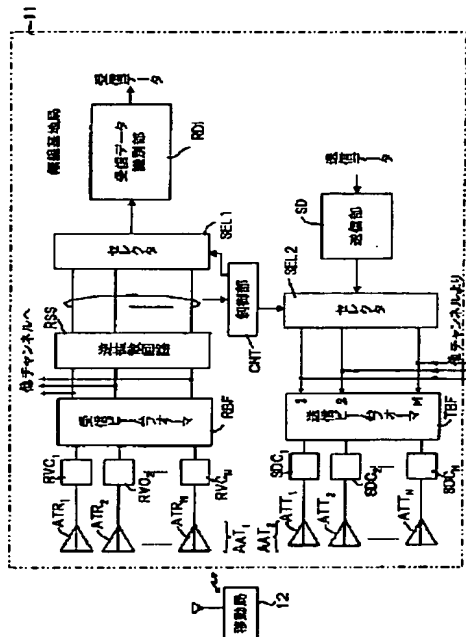
(54) **MULTI-BEAM ANTENNA SYSTEM FOR RADIO BASE STATION**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To perform transmission beam forming when incoming signals are present and to stop the transmission beam forming, when the incoming signals are not present.

**SOLUTION:** In a CDMA radio base station 11, plural incoming beams are formed electrically by executing beam forming to signals received by the plural antenna elements of a reception side array antenna in a reception beam former RBF, and reception is performed based on an optimum beam (for instance, the beam of maximum power) among the plural incoming beams. Also, a transmission beam former TBF for executing the beam forming to transmission signals is provided and a control part CNT controls whether or not to form the outgoing transmission beam of the same direction as the incoming reception beam by forming an outgoing beam to form the outgoing beam.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO



BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-266228

(43) 公開日 平成11年(1999) 9月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 4 J 13/00

H 0 4 J 13/00

A

H 0 1 Q 3/26

H 0 1 Q 3/26

Z

3/40

3/40

25/00

25/00

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号

特願平10-68524

(22) 出願日

平成10年(1998) 3月18日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号

(72) 発明者 田中 良紀

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 小早川 周磁

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(72) 発明者 筒井 正文

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番  
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 弁理士 斉藤 千幹

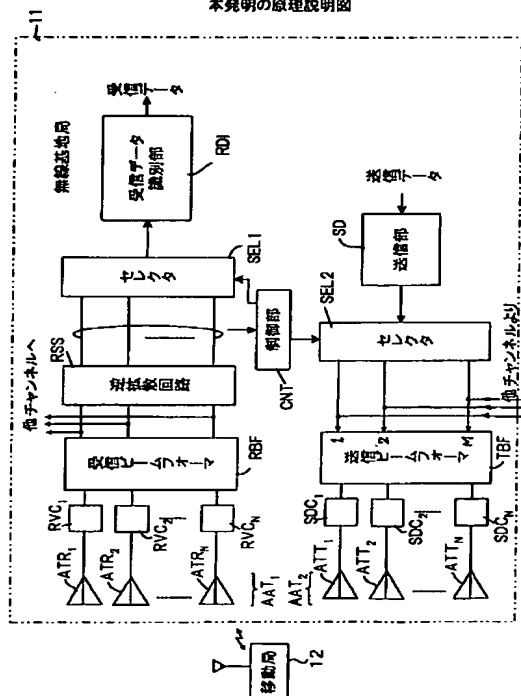
(54) 【発明の名称】 無線基地局のマルチビームアンテナシステム

(57) 【要約】

【課題】 上り信号が存在する場合に送信ビームフォーミングを行い、上り信号が存在しない場合に送信ビームフォーミングを停止する。

【解決手段】 CDMA無線基地局11において、受信側アレーアンテナの複数のアンテナ素子で受信した信号に受信ビームフォーマRBFでビームフォーミングを施して複数の上りビームを電氣的に形成し、これら複数の上りビームのうち最適なビーム（例えば電力最大のビーム）に基づいて受信を行う。又、送信信号にビームフォーミングを施す送信ビームフォーマTBFを設け、制御部CNTは上り受信信号の有無に基づいて、下りビームフォーミングを行って上り受信ビームと同一方向の下り送信ビームを形成するか、あるいは下りビームフォーミングを行わないか制御する。

本発明の原理説明図



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 CDMA 移動通信における無線基地局のマルチビームアンテナシステムにおいて、アレーアンテナの複数のアンテナ素子で受信した信号に上りビームフォーミングを施して複数の上り受信ビームを電氣的に形成する受信ビームフォーマ、複数の上り受信ビームのうち最適なビームに基づいて受信データの識別処理を行う受信データ識別部、送信信号に所定方向のビーム形成のための下りビームフォーミングを施してアンテナ素子入力信号を発生する送信ビームフォーマ、前記最適上り受信ビームと同一方向の下り送信ビームを形成するための下りビームフォーミングを行うか、あるいは下りビームフォーミングを行わないか制御する手段、を備えたことを特徴とするマルチビームアンテナシステム。

【請求項 2】 前記制御手段は、上り受信信号の有無を検出し、上り受信信号が有る場合は、上り受信ビーム方向と同一方向の下り送信ビームを形成するように制御すると共に、一定時間上り受信信号が無い場合は下りビームフォーミングを行わないように制御することを特徴とする請求項 1 記載のマルチビームアンテナシステム。

【請求項 3】 マルチビームアンテナシステムは、更に、受信ビームフォーマから出力される複数の上りビームに逆拡散を施す逆拡散部、電力最大の逆拡散信号を選択して受信データ識別部に入力する選択部を備え、前記制御部は、逆拡散信号の電力を算出して最大電力の逆拡散信号を求めて前記選択部に通知すると共に、最大電力の逆拡散信号に応じた上り受信ビームと同一方向の下り送信ビームを形成するように送信ビームフォーマを制御する、ことを特徴とする請求項 2 記載のマルチビームアンテナシステム。

【請求項 4】 マルチビームアンテナシステムは、更に、受信ビームフォーマから出力される複数の上りビームに逆拡散を施す逆拡散部、電力最大の逆拡散信号を選択して受信データ識別部に入力する選択部を備え、前記制御部は、逆拡散信号に含まれるパイロット信号と参照信号との相関電力を計算し、相関電力が最大となる逆拡散信号を求めて前記選択部に通知すると共に、相関電力が最大の逆拡散信号に応じた上り受信ビームと同一方向の下り送信ビームを形成するように送信ビームフォーマを制御することを特徴とする請求項 2 記載のマルチビームアンテナシステム。

【請求項 5】 前記送信ビームフォーマはビーム方向に応じた複数の入力端子を備え、前記制御手段は受信ビーム方向と同一方向に送信ビームを形成する場合、上り受信ビーム方向に応じた送信ビームフォーマの入力端子に送信信号を入力し、下りビームフォーミングを行わない場

合、送信信号を複数の分岐して送信ビームフォーマの各入力端子に入力することを特徴とする請求項 2 記載のマルチビームアンテナシステム。

【請求項 6】 下りビームフォーミングを行わない場合、前記送信信号の分岐数を  $n$  とするとき、分岐信号の送信電力を送信信号電力の  $1/n$  以上にすることを特徴とする請求項 5 記載のマルチビームアンテナシステム。

【請求項 7】 マルチビームアンテナシステムを備えた無線基地局と移動局間で CDMA 方式に従って通信する移動通信システムにおいて、

無線基地局は、

アレーアンテナの複数のアンテナ素子で受信した信号に上りビームフォーミングを施して複数の上りビームを電氣的に形成する受信ビームフォーマ、受信ビームフォーマから出力される複数の上り受信ビームに逆拡散を施し、信号電力最大の上り受信ビームの逆拡散信号を用いて受信データを識別して出力する受信データ識別部、

送信信号に所定方向のビーム形成のための下りビームフォーミングを施してアンテナ素子入力信号を発生する送信ビームフォーマ、

逆拡散信号に含まれるパイロット信号と参照信号との相関電力に基づいて上り受信信号の有無を検出し、上り受信信号が有る場合、前記上り受信ビーム方向と同一方向の下り送信ビームを形成するように制御する制御部を備え、

移動局は、

通信中において上り方向に送信すべき情報が無くなった場合、一定時間間隔でパイロット信号を送信する手段を備えたことを特徴とする移動通信システム。

【請求項 8】 移動局は、パイロット信号送信間隔を移動局の移動速度に応じて可変する手段を備えたことを特徴とする請求項 7 記載の移動通信システム。

【請求項 9】 マルチビームアンテナシステムを備えた無線基地局と移動局間で CDMA 方式に従って通信する移動通信システムにおいて、

無線基地局は、

アレーアンテナの複数のアンテナ素子で受信した信号に上りビームフォーミングを施して複数の上りビームを電氣的に形成する受信ビームフォーマ、受信ビームフォーマから出力される複数の上りビームに逆拡散を施し、所定の逆拡散信号を用いて受信データを復調する受信部、

送信信号に所定方向のビームを形成するための下りビームフォーミングを施してアンテナ素子入力信号を発生する送信ビームフォーマ、

逆拡散信号に含まれるパイロット信号と参照信号との相関電力に基づいて上り受信信号の有無を検出し、上り受信信号が有る場合、上り受信ビーム方向と同一方向の下り送信ビームが形成されるように制御し、一定時間上り

受信信号が無い場合は下りビームフォーミングを行わないように制御する制御部を備え、

移動局は、

データ送信の停止期間中における下り受信信号の伝送品質を検出する伝送品質監視部、

伝送品質低下が検出されたとき上りパイロット信号の送信を行なう手段、を備えたことを特徴とする移動通信システム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はDS-CDMA方式の移動通信における無線基地局のマルチビームアンテナシステムに係わり、特に、複数のアンテナ素子で受信した信号に上りビームフォーミングを施して受信を行わせる上りビームフォーミング機能と、所定方向の送信ビームを形成するために送信信号に下りビームフォーミングを施す下りビームフォーミング機能を備えたマルチビームアンテナシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】ワイヤレスマルチメディア通信を実現する次世代の移動通信システムとして、DS-CDMA(Direct Sequence Code Division Multiple Access:直接拡散符号分割多元接続)技術を用いたディジタルセルラー無線通信システムの開発が進められている。DS-CDMAを用いた通信システムでは、各ユーザ間の干渉がセルのチャネル容量や伝送品質を劣化させる主な要因となっている。この干渉を低減し伝送品質を向上する技術としてマルチビームアンテナやアダプティブアレーアンテナの研究、開発が行なわれている。

【0003】マルチビームアンテナは、図10に示すように複数の素子アンテナ $AT_1 \sim AT_N$ で構成されたアレーアンテナAATを用いて受信を行ない、ビームフォーマBMFでアンテナ出力信号にビームフォーミングを施して複数の指向性のあるマルチビーム $B_1 \sim B_M$ を電氣的に形成する。かかるマルチビームアンテナシステムの各ビームは図11に示すような指向特性を備えている。従って、例えば、ビーム2の指向方向に存在する第iユーザ(移動局)から放射された電波はアレーアンテナAATで受信され、ビームフォーマBMFからビーム $B_1 \sim B_M$ が出力するが、そのうちビーム $B_2$ の電力が他のビーム $B_1, B_3 \sim B_M$ より大きくなる。以後、このビーム $B_2$ を用いて逆拡散してデータを復調する。このようにマルチビームアンテナによれば、各チャネル毎に最適なビー

$$y_i(nT_c) = \sum W_{k,i} \cdot x_k(nT_c)$$

となる。変換係数 $W_{k,i}$ を決定することにより、M本の各ビームの方向(指向方向)をアレーアンテナに設定できる。これにより、所定の第i指向方向内のユーザ(移動局)からの送信信号は受信ビームフォーマRBFの第i指向方向に応じた端子たとえば第i端子から得ることができる。

\*ムを選択して受信を行なうことにより、チャンネル間干渉の低減およびアンテナ利得向上による受信SN比の改善、端末送信電力の低減等の効果が得られる。

【0004】以上はアレーアンテナAATの複数のアンテナ素子 $AT_1 \sim AT_N$ で受信した信号に上りの受信ビームフォーミングを施して複数の上り受信ビーム $B_1 \sim B_M$ を電氣的に形成する受信ビームフォーマの場合であるが、送信ビームフォーマを設けることもできる。すなわち、送信信号に下りの送信ビームフォーミングを施してアンテナ素子入力信号を発生し、これら信号を各アンテナ素子に入力することにより所定方向の指向性を有するビームを出力するように送信ビームフォーマを設けることもできる。

【0005】図12は送受信マルチビームアンテナを用いた無線基地局の構成図である。図中、AAT<sub>1</sub>は受信側のアレーアンテナであり、複数のアンテナ素子 $ATR_1 \sim ATR_N$ を有している。AAT<sub>2</sub>は送信側のアレーアンテナであり、複数のアンテナ素子 $ATT_1 \sim ATT_N$ を有している。RBFはN個のアンテナ素子 $ATR_1 \sim ATR_N$ で受信した信号に上りの受信ビームフォーミングを施してM本の上り受信ビーム $B_1 \sim B_M$ を電氣的に形成する受信ビームフォーマ、CHR<sub>1</sub>~CHR<sub>M</sub>はチャネル(ユーザ、移動機)毎に設けられたチャネル受信部であり、逆拡散回路、同期検波回路、データ識別回路等を備えており、それぞれに受信ビームフォーマRBFの出力信号が入力されている。CHT<sub>1</sub>~CHT<sub>N</sub>はチャネル毎に設けられたチャネル送信部であり、拡散回路、直交変調回路等を備えており、それぞれに各チャネルの送信データが入力されている。TBFはチャネル送信部から出力する送信信号(送信ビーム)に下りの送信ビームフォーミングを施してアンテナ素子入力信号を発生する送信ビームフォーマであり、これらを各アンテナ素子に入力することにより所定方向の指向特性を有する送信ビームを出力できる。

【0006】受信ビームフォーマRBFは図13に示すように各アンテナ素子の出力信号 $x_1 \sim x_N$ に重み $W_{k,i}$ 掛け合わせて位相回転を施し、これらを合成することによりそれぞれ所定の指向方向を有するM個の上り受信ビーム1~Mを電氣的に形成する。第iビーム( $i=1 \sim N$ )の信号 $y_i(nT_c)$ は、N本のアンテナ素子の受信信号を $x_k(nT_c)$ 、ビームフォーマの変換係数を $W_{k,i}$ とすれば、

$$(k=1 \sim N) \quad (1)$$

【0007】送信ビームフォーマTBFは図14に示すように、第i入力端子に入力される送信信号(送信ビーム) $y_i$ をN分岐し、それぞれの分岐信号 $y_i$ に重み $W_{k,i}$ ( $k=1 \sim N$ )を掛け合わせて位相回転を施してN個の各送信アンテナ素子に入力する信号 $x_k$ ( $k=1 \sim N$ )を発生する。この場合、 $x_k$ は

$$x_i = W_{i,i} \cdot y_i \quad (2)$$

となる。変換係数 $W_{i,i}$ を決定することによりM本の各ビームの方向（指向方向）をアレーアンテナに設定できる。これにより、第i送信ビーム方向内のユーザ（移動局）に送信したい場合には送信信号 $y_i$ を送信ビームフォーマRBFの第i入力端子に入力すればよい。

【0008】以上より、受信ビームフォーマRBFで作成されるマルチビームと送信ビームフォーマTBFで作成されるマルチビーム方向を一致させる。このようにすれば、第iビーム方向のユーザ（移動局）と通信するには、受信ビームフォーマRBFの第i出力端子から出力するビームを逆拡散してデータを復調し、データを送信するには送信ビームフォーマTBFの第i入力端子に送信信号を入力すればよい。具体的には、N本のアンテナ素子 $ATR_1 \sim ATR_N$ からの受信信号 $x_i (nT_i)$  ( $i = 1 \sim N$ )を図示しない手段により増幅、検波、A/D変換する。しかる後、受信ビームフォーマRBFはM本のビームをデジタル的に形成する。すなわち、受信ビームフォーマRBFは(1)式の変換により各ビームの信号 $y_i (nT_i)$ を求める。ついで、形成した複数のビームについて各チャネル毎に逆拡散を行ない、逆拡散後の信号電力が最大のビームまたは逆拡散後のパイロット信号と参照信号との相関電力が最大のビームを選択して上りの受信を行なう。又、下り送信では、上りの受信時に選択したビームと同一方向となるように送信信号を送信ビームフォーマTBFの第i入力端子に入力する。これにより、送信アレーアンテナAAT2は第iビーム方向のユーザ（移動局）に向けて送信信号を放射する。

【0009】図15はビームフォーマの別の例であり、周知のバトラーマトリクスの構成図（8ビームアンテナの場合）、図16はバトラーマトリクスにより形成されるマルチビーム説明図である。図15において、TBFは送信ビームフォーマであり、2入力端子と2出力端子を持ったハイブリッド回路と位相を所定量だけ遅らせる移相器を組み合わせたものである。各入力端子1R~4R、1L~4Lは全ての放射素子ATT1~ATT8。（#1~#8）に繋がっている。この送信ビームフォーマTBFにおいて、HYBはハイブリッド回路で、出力端子A、Bの電力が等しく、出力端子Bの位相が出力端子Aの位相より $\pi/2$ （=90°）遅れるもの、丸付き数字は移相器で、数字がmであれば（ $m\pi/8$ ）移送するものである。たとえば、ハイブリッド回路HYBに端子1Rから信号が入力すると、出力端子A、Bでは電力が等しくなるが、位相がB端子では90°（ $\pi/2$ ）だけ遅れる。

【0010】図15において入力端子1Rからの入力信号に対して、各#1~#8のアンテナ素子での移相量を算出する。ただし、結線用ケーブルの移相量は無視して考える。位相は#1では $5\pi/8$ 、#2では $6\pi/8$ 、#3では $7\pi/8$ 、#4では $8\pi/8$ 、#5では $9\pi/8$ 、#6では10

$\pi/8$ 、#7では $11\pi/8$ 、#8では $12\pi/8$ となり、#1から#8まで、 $\pi/8$ ずつ位相が遅れて給電される。ところで、図15の入力信号が給電される端子位置が変わると、各放射素子間に生じる位相差が大きくなり、アレーの正面方向から大きく外れた方向にビームが形成される。放射素子間の位相差を $\Delta\psi$ とし、素子間隔をdとすると、ビーム方向 $\theta$ は次式で表される。

$$d \sin \theta / \lambda = \Delta\psi / 2\pi \quad (3)$$

前述の入力端子1Rからの入力の場合、 $\Delta\psi = \pi/8$ であり、 $d = \lambda/2$ とすると、 $\sin \theta = 1/8$ となり $\theta \approx 7.2^\circ$ となり、図16の1Rの方向にビームが形成される。又、入力端子4Rからの入力においては $\Delta\psi = 7\pi/8$ となるため、 $\sin \theta = 7/8$ となり $\theta \approx 61^\circ$ となる。

#### 【0011】

【発明が解決しようとする課題】移動通信においても、音声通信のように常に情報が送信される通信形態の他に、パケットデータ通信のようにバースト的に送信が行なわれる通信形態がある。パケット通信では送信すべき情報が無い時、他局干渉低減のために何も送信しないのが普通である。無線基地局において、あるチャネル（移動局）について上り受信信号が無いが下り送信信号がある場合がある。かかる場合、無線基地局は移動局より上り信号を受信していないため、移動局が現在どのビームエリアに存在するかが不明となり、下り送信ビームの指向方向を決定できない問題が生じる。すなわち、このような場合、下りビームフォーミングを行なうことが出来ない。以上より、データをバースト的に送出する形態を考慮して、従来は上り受信のみビームフォーミングを行い、下り送信のビームフォーミングを行わないようにしている。

【0012】図17は上りビームフォーミングのみを行なう従来のチャネル送受信部の構成図（4ビームの場合）であり、AAT<sub>i</sub>は受信アレーアンテナ、ATR<sub>i</sub>~ATR<sub>4</sub>はアンテナ素子、RBFは受信ビームフォーマ、ATTは送信アンテナ、TR<sub>i</sub>は第iチャネルの送受信チャネル部、CHR<sub>i</sub>は第iチャネルのチャネル受信部、CHT<sub>i</sub>は第iチャネルのチャネル送信部である。尚、図示していないが受信系では受信ビームフォーマRBFの前段に周波数変換、検波、AD変換する受信回路が設けられている。又、図示しないが送信系では送信アンテナの前にDA変換、周波数変換、増幅する送信部が設けられている。チャネル受信部CHR<sub>i</sub>において、1<sub>i</sub>~1<sub>4</sub>は逆拡散回路であり、チャネルに割り当てた拡散符号を用いて受信ビームフォーマRBFから出力するビーム1~ビーム4に逆拡散処理を施すもの、2は最適なビーム（逆拡散信号）を選択するセクタ、3は選択制御部であり、信号電力が最大のビーム、または受信パイロット信号と参照信号との相互相関電力が最大のビームを決定してセクタ2に通知するもの、4はセクタでセレクトされた逆拡散信号に同期検波を施す

同期検波部、5は送信側で付加した誤り訂正符号を用いて誤り訂正する誤り訂正部、6は受信データの識別を行うデータ識別部である。チャネル送信部CHT<sub>i</sub>において、6は送信データに誤り訂正符号を付加する誤り訂正符号化部、7はQPSK直交変調器などの変調器、8は移動機（チャネル）に割り当てた拡散符号を用いて送信データを拡散して出力する拡散変調器である。

【0013】この送受信チャネル部によれば、上り受信のみビームフォーミングを行い、下り送信のビームフォーミングを行わない。このように、従来の無線基地局では、バースト送信形態でない通常の通信形態においても送信ビームフォーミングをかけないため、上り信号が存在する場合にも下りビームフォーミングをかけられない。このため、下り通信時のチャネル間干渉を低減できず、また、受信SN比の改善や端末送信電力の低減等を実現できない問題があった。以上から、本発明の目的は、上り受信信号が存在する場合には下りビームフォーミングを行えるようにすることである。本発明の別の目的は、基地局での下りビームフォーミングを上りの伝送情報の有無にかかわらず常に可能となるようにすることである。

#### 【0014】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理説明図である。11はCDMA無線基地局、12は移動局であり、無線基地局11は移動局12に所定の拡散符号を割り当てて通信を行う。無線基地局11において、AA<sub>T1</sub>は受信側のアレーアンテナであり、複数のアンテナ素子ATR<sub>1</sub>～ATR<sub>N</sub>を有し、AA<sub>T2</sub>は送信側のアレーアンテナであり、複数のアンテナ素子ATT<sub>1</sub>～ATT<sub>N</sub>を有している。RVC<sub>1</sub>～RVC<sub>M</sub>は受信信号の高周波増幅、周波数変換、直交検波などを行う受信回路、SDC<sub>1</sub>～SDC<sub>N</sub>は周波数変換、高周波増幅などを行う送信回路である。RBFはN個のアンテナ素子ATR<sub>1</sub>～ATR<sub>N</sub>で受信した信号を上りの受信ビームフォーミングを施してM本の上り受信ビームB<sub>1</sub>～B<sub>M</sub>を電気的に形成する受信ビームフォーマ、TBFは送信信号（送信ビーム）に下りの送信ビームフォーミングを施してアンテナ素子入力信号を発生する送信ビームフォーマで、これら入力信号を各アンテナ素子に入力することにより所定方向の指向性を有する送信ビームを出力できる。

【0015】CNTは制御部であり、上り受信信号の有無を検出し、上り受信信号が有る場合は、上り受信ビームと同一方向の下り送信ビームを形成するように制御すると共に、一定時間経過しても上り受信信号が無い場合は下りビームフォーミングを行わないように制御するもの、RSSは逆拡散回路、SEL1は最大電力の逆拡散信号を選択するセクタ、RDIは受信データ識別部であり、セクタ出力に同期検波、誤り訂正処理、データ識別処理を施して受信データを出力するもの、SDは送信データにQPSK直交変調、拡散変調などを施す送

信部、SEL2は送信信号を制御部CNTからの指示により送信ビームフォーマTBFの所定入力端子に入力するセクタである。アレーアンテナAA<sub>T1</sub>、AA<sub>T2</sub>及び各ビームフォーマRBF、TBFは共に各チャネルに共通に設けられる部分であり、受信ビームフォーマRBFの出力端子は各チャネル受信部に接続され、送信ビームフォーマTBFの各入力端子は各チャネル送信部に接続されている。

【0016】本発明では上り受信信号の有無に基づいて下りビームフォーミングを行なうか、行わないかのどちらかをダイナミックに選択している。すなわち、各通信チャネルにおいて、制御部CNTは上り受信信号が有るか否かをチェックし、有れば対応するチャネルの下りビームフォーミングを行なうよう制御し、一方、上り受信信号が来なくなった時点から一定時間経過しても上り信号が無ければ、下りビームフォーミングを行わないように制御する。具体的に、送信ビームフォーマTBFは送信ビーム方向に応じた複数の入力端子を備えている。制御部CNTは下りビームフォーミングを行なう場合は、上り受信ビーム方向に応じた送信ビームフォーマTBFの入力端子に送信信号を入力し、下りビームフォーミングを行わず無指向性の送信をする場合は、送信信号を複数に分岐して送信ビームフォーマTBFの各入力端子に入力する。以上のようにすれば、下り送信ビームフォーミングを上り受信信号の有無に応じてオン／オフ制御するから、パケット通信のようなバーストデータ伝送時でも上り信号が有る場合は、下りビームフォーミングを行えるため下りの伝送品質の向上が可能となる。

【0017】又、送信信号をn分岐して送信ビームフォーマの各入力端子に入力して下りビームフォーミングを行わない場合、分岐信号の送信電力を $\alpha/n$  ( $\alpha > 1$ ) として送信信号電力の $1/n$ 以上にする。下りビームフォーミングを行なわないと、下りの伝送品質が低下するが下りの送信電力をある程度増加させることにより、この劣化を補償できる。但し、あるチャネルの送信電力を増加させると他のチャネルへの干渉が増大するため、電力増加量には制限がある。又、受信ビームフォーマRBFから出力される複数の上り受信ビームのうち最大電力の上り受信ビームに応じた逆拡散信号を用いて受信データを復調する。このようにすれば、チャネル干渉を軽減して伝送品質良好な通信ができる。又、各チャネルの下り送信ビームの指向方向を、該チャネルの信号電力が最大となる上り受信ビームと同一方向とする。このようにすれば上り／下りの両方のチャネルでチャネル干渉を軽減して伝送品質を向上できる。

【0018】また、移動局12側では上りの送信情報が無い場合でも、一定の時間間隔でパイロット信号を送信する。これにより、無線基地局11は上り送信情報の有無に関係なく下り送信ビームフォーミングを行って下り伝送品質の向上をはかることができる。この場合、移動

局12のパイロット信号送信間隔を移動局の移動速度に応じて可変とすることにより、移動局が静止もしくは移動速度が低い場合には、上りパイロット信号の送信頻度を低く抑えることができる。又、移動局12は上りの送信を停止している期間中に、下り受信信号の伝送品質低下を検出すれば上りパイロット信号を送信する。これにより、無線基地局11は上り送信情報の有無に関係なく下り送信ビームフォーミングを行って下り伝送品質の向上をはかることができ、下り受信品質を回復させることができる。又、移動局12はパイロットの送信頻度を低く抑えることができる。

#### 【0019】

##### 【発明の実施の形態】 (A) 第1実施例

##### (a) 無線基地局の構成

図2は本発明の無線基地局のマルチビームアンテナシステムの構成図であり、図1と同一部分には同一符号を付している。なお、図2では1つの送受信チャネル部BRSのみ示しているが、受信側には図1で示したアレーアンテナAAT<sub>1</sub>及び受信ビームフォーマRBFが設けられ、この受信ビームフォーマ出力B<sub>1</sub>～B<sub>4</sub>が図2の逆拡散部に入力するようになっている。又、送信側には図1で示したアレーアンテナAAT<sub>2</sub>及び送信ビームフォーマTBFが設けられ、送信ビームフォーマTBFの所定入力端子に図2の送信信号が入力されるようになっている。

【0020】基地局の送受信チャネル部BRSにおいて、RSS1～RSS4は受信ビームフォーマRBFから出力される4つの上り受信ビームB<sub>1</sub>～B<sub>4</sub>が入力される逆拡散回路であり、チャネルに割り当てた拡散符号を用いて各ビームB<sub>1</sub>～B<sub>4</sub>に逆拡散処理を施して逆拡散信号(I, Q信号)を出力する。CNTは選択制御部であり、(1) 4つの逆拡散信号のうち最大電力の信号を検出する処理、(2) 上り信号の有無を検出する処理、(3) 検出結果に基づいたビーム選択制御および下りビームフォーミングのオン/オフ制御などを行う。SEL1はセレクトで、選択制御部CNTから通知される最大電力のビーム(逆拡散信号)を選択して受信データ識別部RDIに出力するものである。受信データ識別部RDIにおいて、SDMは逆拡散信号(I, Q信号)を入力されて同期検波を行う同期検波部、ECCは復調された受信データに誤り訂正処理を施す誤り訂正部、DTDはデータ識別部である。

【0021】同期検波部SDMはパイロット信号を検出し、該パイロット信号と既知のパイロット信号間の位相差を求め、該位相差分、逆拡散されたI, Q信号の位相を元に戻すものである。CDMA通信においては、精度の高いデータ復調を行うために所定データ数毎にパイロット信号が挿入されている。すなわち、移動局12は、図3に示すように送信データDを所定ビット数毎にブロック化し、その前後に既知のパイロット信号Pを挿入し

てフレーム化し、しかる後、フレームデータ列をI, Qデータ列に変換し、それぞれをQPSK変調及び拡散変調を行って送信する。データ及びパイロットはそれぞれI, Qの2ビットで1つのシンボルを形成し、このシンボルはI-Q複素平面で表記すると $I+jQ=(I^2+Q^2)^{1/2}\exp(j\theta)$ となる。データシンボル及びパイロットシンボルは伝送により位相回転を受けるが、無線基地局11においてその信号点位置ベクトルP<sub>act</sub>(図4参照)がわかればパイロットシンボルの理想信号点位置ベクトルP<sub>id</sub>が既知であるから、伝送によるシンボルの位相回転角度θが求まる。そこで、同期検波部SDMはパイロットシンボルを検出してその位相回転角度θを演算し、各データシンボルに回転角度-θ分の回転処理を施して元に戻して受信データの"1", "0"を判定する。これにより、精度の高いデータ復調が可能になる。

【0022】SDは送信部であり、ECAは送信データにエラー訂正符号を付加する誤り訂正符号化部、MODは送信データを変調する変調器、SSMは該当チャネルに割り当てられた拡散符号で変調器出力を拡散変調する拡散変調器、SEL2はセレクトであり、選択制御部CNTからの指示に従って拡散変調器SSMより出力する送信信号を送信ビームフォーマTBF(図1参照)のいずれかの入力端子に入力するものである。AMPはゲインがα/4(α>1)のアンプである。

##### 【0023】 (b) 動作

送信ビームフォーマTBF(図1)は、送信ビームの方向に応じた複数の入力端子を備えている。すなわち、送信信号を第i入力端子に入力すれば、送信アレーアンテナAAT2は第i入力端子に応じたビーム方向に送信信号を出力する。又、送信ビームフォーマTBFの全入力端子に送信信号を入力すれば、送信アレーアンテナAAT2は無指向で送信信号を出力する。更に、受信信号が最大のビーム方向にユーザ(移動局)が存在するから、送信ビームを電力最大の上り受信ビームの方向と同一にして出力すればゲインを高め伝送品質を向上できる。

【0024】以上より、制御部CNTは、セレクトSEL2を制御して、(1) 下りビームフォーミングを行なう場合は、電力最大の上り受信ビームと同一方向に対応する送信ビームフォーマTBFの入力端子に送信信号を入力し、(2) 下りビームフォーミングを行わず無指向性の送信をする場合は、送信信号電力を1/n(図ではn=4)ずつn分岐して送信ビームフォーマTBFの各入力端子に入力し、トータルの送信電力を同じにする。この場合、分岐信号の送信信号電力をα/n(α>1)にし、送信信号電力を大きくすれば伝送品質を向上できる。これは、下りビームフォーミングを行なわないと、下りの伝送品質が低下するが下りの送信電力をある程度増加させることにより、この劣化を補償できるからである。但し、あるチャネルの送信電力を増加させると他のチャネルへの干渉が増大するため、電力増加量には制限

がある。

【0025】以上より、選択制御部CNTは、上り受信信号が存在するかどうかを検出し、上り信号が存在する場合には電力最大のビーム（逆拡散信号）を検出してセクタSEL1, SEL2に inputsする。これによりセクタSEL1は電力最大の逆拡散信号を選択し、受信データ識別部RDIは該逆拡散信号を用いて受信データを識別出力する。又、セクタSEL2は電力最大の上り受信ビーム方向に対応する送信ビームフォーマTBFの入力端子に送信部SDの出力信号を入力する。この結果、下り方向の送信データが存在する場合には、上り受信ビームと同一の方向に向けて送信信号（送信ビーム）がアレーアンテナATT2より放射する。一方、選択制御部CNTは、上り受信信号が所定時間以上継続して存在しなければ、移動機（ユーザ）の所在方向が不明であるから、無指向送信をセクタSEL2に指示する。これにより、セクタSEL2は送信部SDの出力信号をゲイン $\alpha/4$ のアンプAMPを介して4分岐して送信ビームフォーマTBFの全入力端子に入力する。この結果、上り受信信号がないときに下り方向の送信データが存在する場合には、無指向で送信信号がアレーアンテナATT2より放射する。

#### 【0026】（c）選択制御部

##### （c-1）選択制御部の第1の実施例

図5は選択制御部の第1の構成図であり、CNTは選択制御部、SEL1はセクタである。選択制御部CNTにおいて、PC1~PC4は逆拡散回路RSS1~RSS4より出力する逆拡散信号の電力を計算する電力計算部、PMAXは最も電力が大きなビーム（逆拡散信号）を決定してセクタSEL1, SEL2に inputsする最大電力ビーム決定部、USDは上り受信信号が所定時間以上継続して存在しないことを検出する上り信号有無検出部であり、全ビーム（逆拡散信号）の電力が所定時間Ts以上継続して設定値以下であることで上り信号無しと判定し、任意のビーム（逆拡散信号）の電力が設定値以上になれば上り信号有り と判定する。

【0027】上記時間Tsは厳密には移動局が現ビームエリアから別のビームエリアに移動するまでの時間であり、上り受信信号が来なくなった時点から該時間Ts [sec] 経過しても上り信号が無かった場合に下りビームフォーミングをやめる。この時間Tsとして移動局の移動による受信信号の平均的な到来方向の変化量が許容範囲 $\Delta\theta$ を超える時間を用いることができる。これは移動局の移動速度と、基地局からの距離によって決まる。基地局からr [m] の距離にある移動局が接線方向に時速v [km/h] で移動した場合に到来角度が許容範囲 $\Delta\theta$  [度] 変化する時間Ts [sec] は次式で与えられる。

$$Ts = 3.6r\pi\Delta\theta / 180v$$

例として、v=80km/h, r=50m,  $\Delta\theta=3$ 度の場合、Ts=118msとなる。しかし、時間Tsは、上式より明らかなよう

に移動局の速度、基地局からの距離、移動方向により変化する。このため、Tsは厳密に決定できず適当な時間が設定される。

【0028】さて、逆拡散回路RSS1~RSS4から電力計算部PC1~PC4に逆拡散により得られたI信号（In-Phase 信号）、Q信号（Quadrature 信号）が inputsする。I, Q信号をI-Q複素平面で表記すると $I+jQ = (I^2+Q^2)^{1/2}\exp(j\theta)$ となる。従って、各電力計算部PC1~PC4は、乗算部MPで $(I+jQ)$ とその複素共役 $(I-jQ)$ を掛け合わせ、しかる後、平均値回路AVRで平均化することにより電力 $(I^2+Q^2)$ を計算し、該電力を最大電力ビーム決定部PMAXに inputsする。以上では、全ビーム（逆拡散信号）の電力が所定時間Ts以上継続して設定値以下であることにより、上り信号無しと判定したが、誤り訂正部ECC（図2参照）における誤り検出量が設定値以上になった時に移動局が別のビームエリアに移動したものとして下りビームフォーミングを停止するように制御することもできる。

##### 【0029】（c-2）選択制御部の第2の実施例

図6は選択制御部の第2の構成図であり、CNTは選択制御部、SEL1はセクタである。選択制御部CNTにおいて、CR1~CR4は逆拡散回路RSS1~RSS4より出力する逆拡散信号に含まれるパイロット信号と参照信号との相互相関電力（相互相関値）を計算する相関演算部、CRMAXは最も相互相関電力が大きなビーム（逆拡散信号）を決定してセクタSEL1, SEL2に inputsする最大相関ビーム決定部、USDは上り受信信号が所定時間以上継続して存在しないことを検出する上り信号有無検出部であり、全ビーム（逆拡散信号）の相互相関電力が所定時間以上継続して設定値以下であることで上り信号無しと判定し、任意のビーム（逆拡散信号）の相互相関電力が設定値以上になれば上り信号有り と判定する。

【0030】アレーアンテナシステムでは、受信ビームフォーマRBFから出力するビームのうち移動局12が存在する方向のビームに含まれるパイロットシンボルの位相が既知のパイロットシンボルの位相に最も近く、これら両パイロットシンボルの相互相関電力が最大になる。そこで、各相関演算部CR1~CR4は、パイロット抽出部PLEで受信パイロットシンボル $(I' + jQ')$ を抽出し、乗算部MPLで該受信パイロットシンボル $(I' + jQ')$ と既知のパイロットシンボルの複素共役 $(I-jQ)$ を掛け合わせて相関演算し、しかる後、絶対値回路ABLで乗算結果の絶対値を演算し、平均値回路AVRで平均化する。以上により、相関演算部CR1~CR4は相互相関電力を計算して最大相関ビーム決定部CRMAXに inputsする。最大相関ビーム決定部CRMAXは最大の相互相関電力の逆拡散信号を決定してセクタSEL1, SEL2に通知する。尚、パイロットシンボルの相互相関電力が最大のビームは、当然信号電力も最大になり、第1



実施例のと同じ結果得られる。

#### 【0031】(B) 第2実施例

第1実施例では、移動局からの上り受信信号の有無に基づいて、下り送信ビームフォーミングを行うか否かを制御する。従って、第1実施例では上り受信信号がない場合は下り信号にビームフォーミングを掛けて送信することができない。第2実施例では、通信中において上り方向に送信すべき情報が無くなった場合、移動局はデータ送信を停止するが一定時間間隔でパイロット信号を送信することにより、無線基地局が上り受信信号の有無に関係なく下り信号にビームフォーミングを掛けれるようにする。

#### 【0032】(a) 移動局

図7はかかる第2実施例における移動局の構成図である。受信系において、21は受信アンテナ、22は高周波増幅、周波数変換、AD変換などを行う受信部、23は基地局から指示された拡散符号を用いて受信信号に逆拡散を施す逆拡散部、24は受信データをQPSK復調する復調部である。又、送信系において、25はデータフレーム(図5参照)の前後にパイロット信号を挿入する制御を行うパイロット信号送信制御部、26はパイロット信号送信制御部から指示されたタイミングで既知のパイロット信号を発生するパイロット信号発生部、27はデータ列にパイロットを挿入する合成部、28は合成部から出力する送信データをQPSK変調する変調器、29は基地局から指示された拡散符号を用いて送信データ列に拡散変調を施す拡散変調部、30は拡散変調信号に対して周波数変換、高周波増幅などを行う送信部、31は送信アンテナである。

#### 【0033】(b) 動作

移動局12は無線基地局11と通信中において(コネクションが張られている状態において)、上り方向に送信すべき情報がなくなるとデータ送信を停止する。かかるデータ送信停止状態になっても、パイロット信号送信制御部25は本来の送信周期あるいはそれより長い周期でパイロット信号を送信するよう制御する。この結果、無線基地局11は該パイロット信号により上り受信信号有りと判定して下りビームフォーミングを行う。ただし、無線基地局11は選択制御部CNTとして図6の構成を有しているものとする。以上より、無線基地局11は上り受信信号の有無に関係なく下り送信ビームフォーミングを行って下り伝送品質の向上をはかることができる。従って、無線基地局11において、送信ビームフォーミングを行わず無指向性の送信を行うための手段は不要になる。

#### 【0034】(c) 第1の変形例

図8は第2実施例の移動局の変形例であり、図7の移動局と同一部分には同一符号を付している。異なる点は、(1) 移動局12の移動速度を検出する速度センサー32を設けた点、(2) データ送信停止状態になった時、パイ

ロット信号送信制御部25が移動速度に応じてパイロットを送信する周期を制御する点である。移動速度が遅い場合、移動局12が現ビームエリアから外れるまでに要する時間は長くなり、移動速度が早い場合、現ビームエリアから外れるまでに要する時間は短くなる。そこで、パイロット信号送信制御部25は、パイロット信号送信周期を移動速度が遅い場合には長くし、移動速度が早い場合には短くする。このように移動局12のパイロット信号送信間隔を該移動局の移動速度に応じて可変とすることにより、移動局が静止もしくは移動速度が低い場合、上りパイロット信号の送信頻度を低く抑えることができる。

#### 【0035】(d) 第2の変形例

図9は第2実施例の別の変形例であり、図7の移動局と同一部分には同一符号を付している。異なる点は、(1) 復調部24の出力側に例えばCRC誤りを検出する誤り検出部33を設けた点、(2) 誤り検出部33から誤り検出率あるいは誤り検出回数をパイロット信号送信制御部25に入力する点、(3) パイロット信号送信制御部25はデータ送信停止状態になるとパイロットの送信を停止する点、(4) パイロット信号送信制御部25はデータ送信停止状態において、受信データの誤り検出率が設定値以上になると、誤り検出率が改善されるようにパイロット信号を送信する点である。尚、無線基地局11は上り受信信号の有無に基づいて下りビームフォーミングを行うか否かを制御する第1実施例の構成を有し、しかも選択制御部CNTとして図6の構成を有しているものとする。

【0036】パイロット信号送信制御部25は、移動局12がデータ送信状態にあればデータフレームの前後にパイロット信号を挿入して送信する。しかし、送信すべき上りデータがなくなってデータ送信停止状態になると、パイロット信号送信制御部25はパイロット信号の送信を停止する。この結果、基地局11は上り受信信号の無しを所定時間以上検出することになる。基地局11は上り受信信号の無しを所定時間以上検出すると下りビームフォーミングを行わず下り信号を無指向で送信する。このため、ゲインが低下し、かつ、他チャンネルの干渉を受けて、移動局12における誤り検出回数が増加する。このため、誤り検出部33からパイロット信号送信制御部25へ通知される誤り検出率が設定値以上になる。誤り検出率が設定値以上になると、パイロット信号送信制御部25は所定の周期でパイロット信号を送信する。この結果、無線基地局11はパイロット信号により最大電力のビームを検出して移動局が所在するビーム方向を識別し、下りビームフォーミングを行って該ビーム方向に送信ビームを出力する。以後、移動局12は正しくデータを受信でき、誤り検出率が低下し、パイロット信号送信制御部25はパイロット信号の送信を停止する。

## 【0037】(e) 第3変形例

第2変形例では、基地局11がパイロット信号により上り受信信号の有無に基づいて下りビームフォーミングを行うか否かを制御する場合であるが、基地局11は上り受信信号の有無に関係なく下りビームフォーミングを行うようにすることもできる。かかる場合の動作は以下のようにになる。尚、移動局の構成は第2変形例と同じである。パイロット信号送信制御部25は、移動局12がデータ送信状態にあればデータフレームの前後にパイロット信号を挿入して送信する。しかし、送信すべき上りデータがなくなってデータ送信停止状態になると、パイロット信号送信制御部25はパイロット信号の発生を停止する。この結果、基地局11は上り受信信号を検出できなくなる。以後、基地局11はそれまでの電力最大のビーム方向に下りビームフォーミングを行って送信ビームを出力する。

【0038】移動局12が移動してそれまでのビームエリアから外れると、移動局12において誤り検出回数が増加する。このため、誤り検出部33からパイロット信号送信制御部25へ通知される誤り検出率が設定値以上になる。誤り検出率が設定値以上になると、パイロット信号送信制御部25は所定の周期でパイロット信号を送信する。この結果、無線基地局11はパイロット信号を用いて最大電力のビームを検出して移動局が所在するビーム方向を識別し、下りビームフォーミングにより該ビーム方向に送信ビームを出力する。この結果、以後、移動局12は正しくデータを受信でき、誤り検出率が低下し、パイロット信号送信制御部25はパイロット信号の送信を停止する。以後、上記動作を繰り返す。以上、本発明を実施例により説明したが、本発明は請求の範囲に記載した本発明の主旨に従い種々の変形が可能であり、本発明はこれらを排除するものではない。

## 【0039】

【発明の効果】以上本発明によれば、上り受信信号があれば対応するチャネルの下りビームフォーミングを行なうように制御し、上り受信信号が一定時間継続して無ければ、下りビームフォーミングを行わないように制御したから、パケット通信のようなバーストデータ伝送時でも上り信号が有る場合は、下りビームフォーミングを行えるため下りの伝送品質の向上が可能である。又、本発明によれば、送信信号を $n$ 分岐して送信ビームフォーマの各入力端子に入力して下りビームフォーミングを行なわれないようにすると共に、各分岐信号の送信電力を $\alpha/n$  ( $\alpha > 1$ ) としたから、下りビームフォーミングを行なわない場合であっても下りの伝送品質の劣化を補償できる。又、本発明によれば、受信ビームフォーマから出力される複数の上り受信ビームのうち最大電力の上り受信ビームに応じた逆拡散信号を用いて受信データを再生出力するようにしたから、チャネル干渉を軽減して伝送品質良好な通信ができる。

【0040】又、本発明によれば、下り送信ビームの指向方向を、信号電力が最大の上り受信ビームと同一方向とするようにしたから、上り／下りの両方でチャネル干渉を軽減して伝送品質を向上できる。又、本発明によれば、移動局側では上りの送信情報が無い場合でも、一定の時間間隔でパイロット信号を送信するようにしたから、無線基地局は上り送信情報の有無に関係なく下り送信ビームフォーミングを行って下り伝送品質の向上を図ることができる。この場合、移動局のパイロット信号送信間隔を移動局の移動速度に応じて可変とすることにより、移動局が静止もしくは移動速度が低い場合には、上りパイロット信号の送信頻度を低く抑えることができる。又、本発明によれば、上りデータの送信停止期間中に下り受信信号の伝送品質が低下すると、移動局は上りパイロット信号を送信するようにしたから、無線基地局は上り送信情報の有無に関係なく下り送信ビームフォーミングを行って下り伝送品質の向上をはかることができ、又、移動局はパイロットの送信頻度を低く抑えることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図である。

【図2】本発明を適用した第1実施例の基地局送受信チャネル部の構成図である。

【図3】フレーム説明図である。

【図4】パイロットシンボルの位相回転説明図である。

【図5】第1の選択制御部の構成図である。

【図6】第2の選択制御部の構成図である。

【図7】本発明を適用した第2実施例の移動局の構成図である。

【図8】第2実施例の移動局の変形例である。

【図9】第2実施例の移動局の別の変形例である。

【図10】マルチビームアンテナの説明図である。

【図11】マルチビームの配置図である。

【図12】送受信マルチビームアンテナを用いた基地局の構成図である。

【図13】受信ビームフォーマの構成図である。

【図14】送信ビームフォーマの構成図である。

【図15】バトラーマトリクスの構成図(8ビームアンテナ用)である。

【図16】バトラーマトリクスによるマルチビームである。

【図17】従来の基地局送受信チャネル部の構成図である。

## 【符号の説明】

11・・・CDMA無線基地局

12・・・移動局

AAT<sub>1</sub>・・・受信側のアレーアンテナ

ATR<sub>1</sub>～ATR<sub>N</sub>・・・アンテナ素子

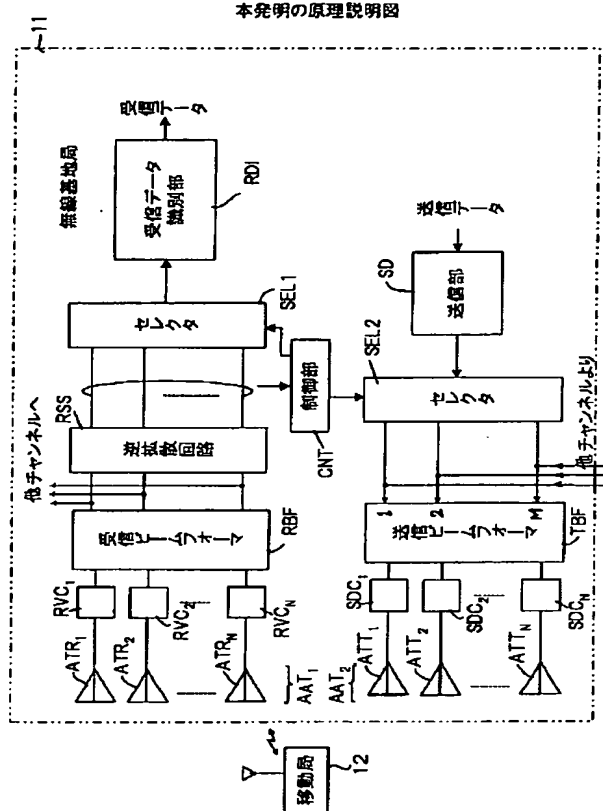
AAT<sub>2</sub>・・・送信側のアレーアンテナ

ATT<sub>1</sub>～ATT<sub>N</sub>・・・アンテナ素子

17

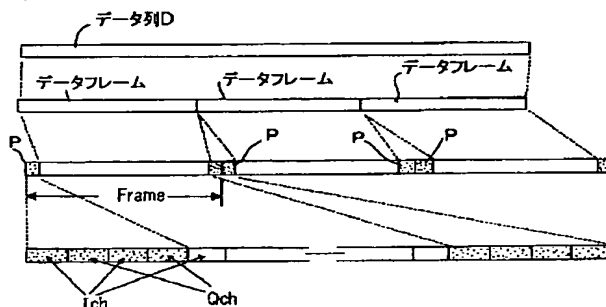
$RVC_1 \sim RVC_N$  ・受信回路  
 $SDC_1 \sim SDC_N$  ・送信回路  
 $RBF$  ・受信ビームフォーマ  
 $TBF$  ・送信ビームフォーマ  
 $CNT$  ・制御部

【図1】



【図3】

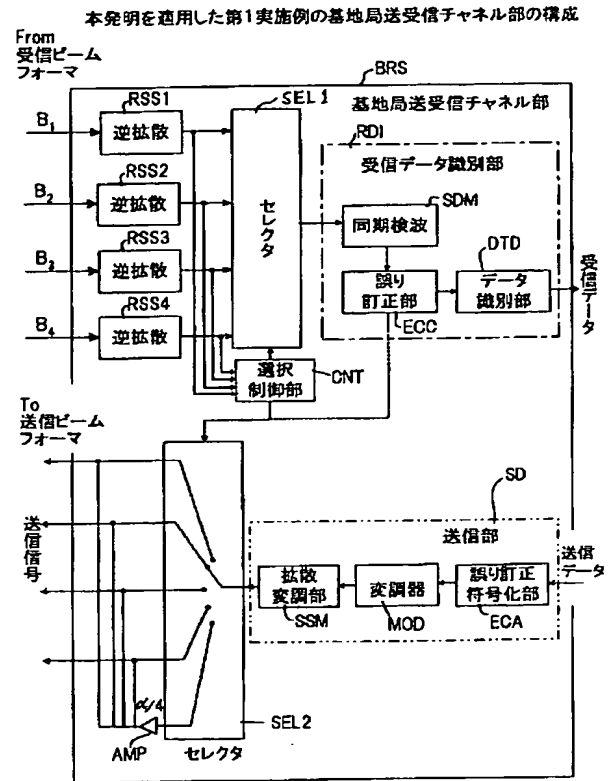
フレーム説明図



18

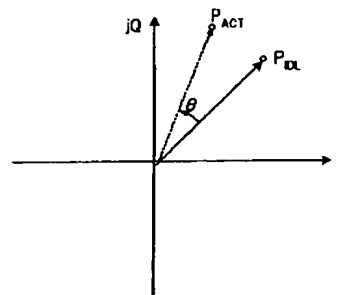
$*RSS$  ・逆拡散回路  
 $SEL1$  ・セクタ  
 $RDI$  ・受信データ識別部  
 $SD$  ・送信部  
 $*SEL2$  ・セクタ

【図2】



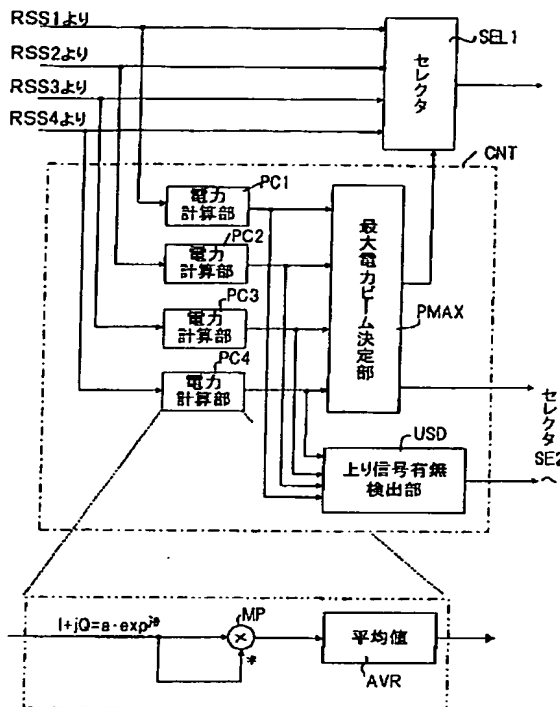
【図4】

パイロットシンボルの位相回転説明図



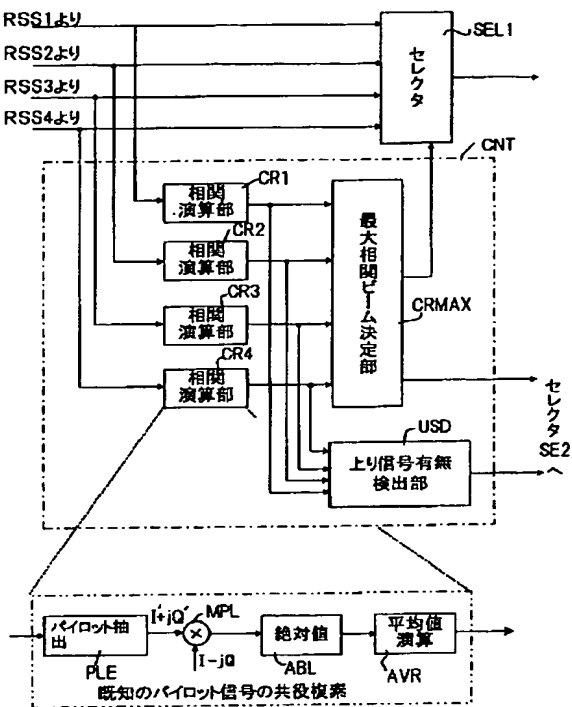
【図5】

第1の選択制御部の構成



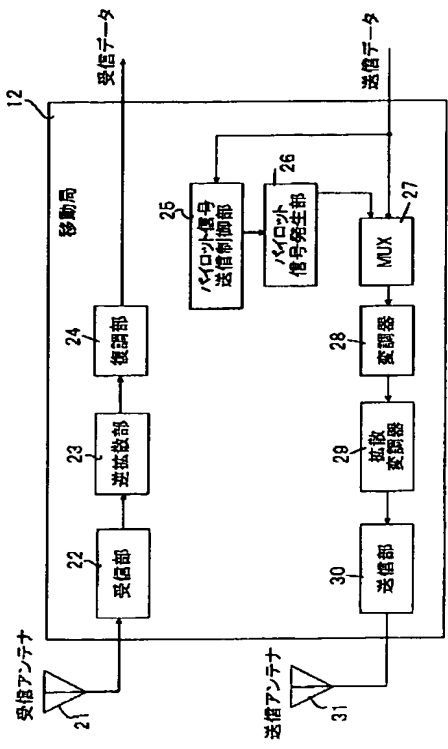
【図6】

第2の選択制御部の構成



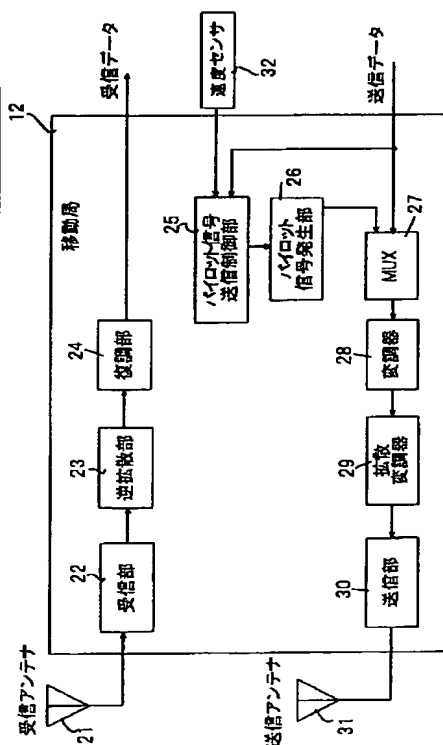
【図7】

本発明を適用した第2実施例の移動局の構成図



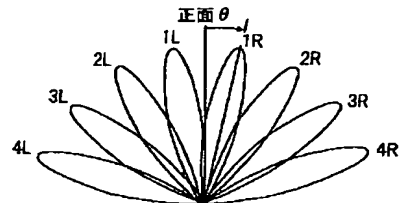
【図8】

第2実施例の移動局の変形例



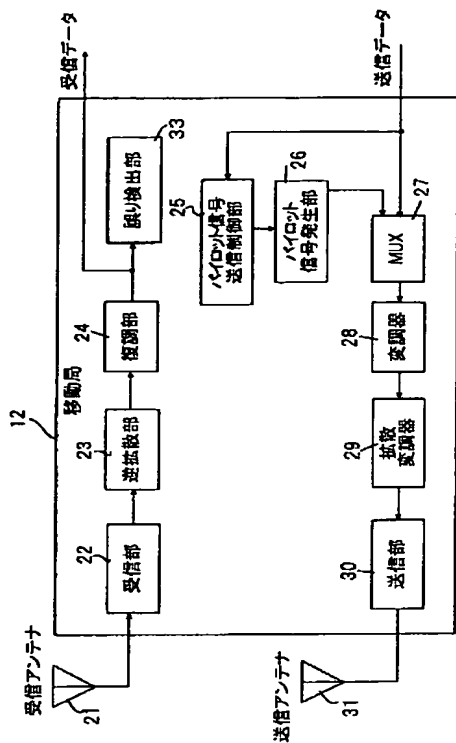
【図16】

ハラーマトリクスによるマルチビーム



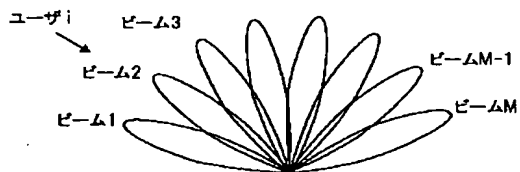
【図9】

第2実施例の移動局の別の変形例



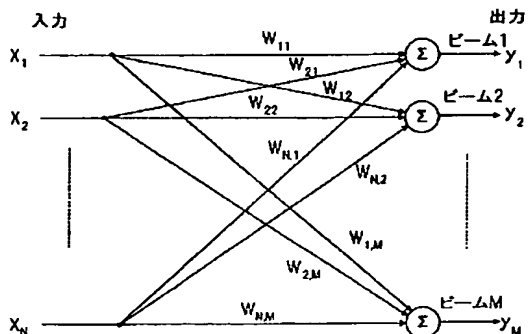
【図11】

マルチビームの配面



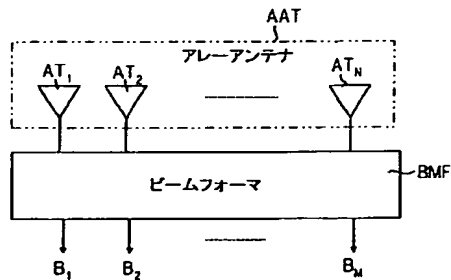
【図13】

受信ビームフォーマの構成



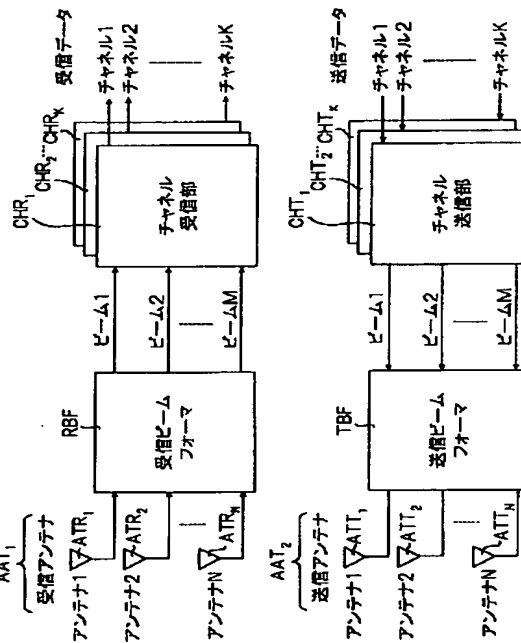
【図10】

マルチビームアンテナの説明図



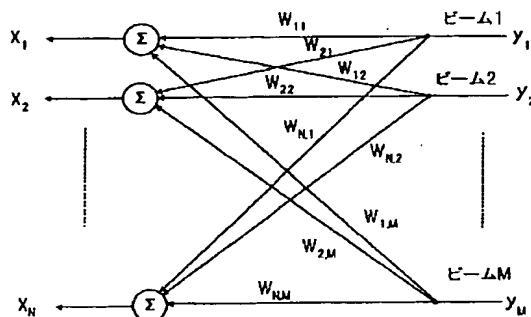
【図12】

送受信マルチビームアンテナを用いた基地局の構成

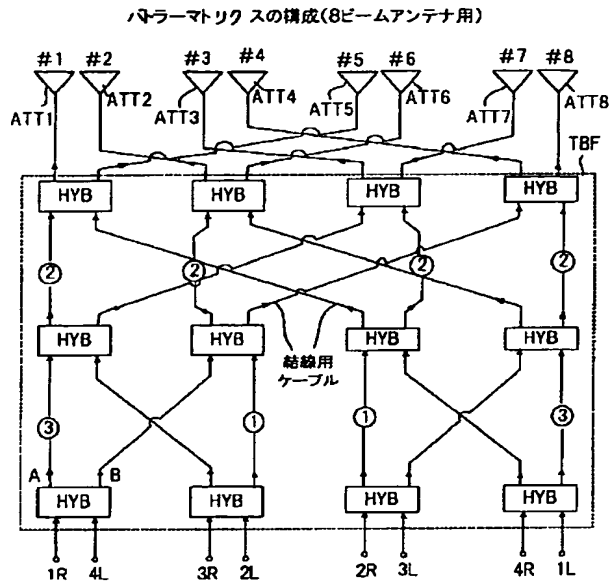


【図14】

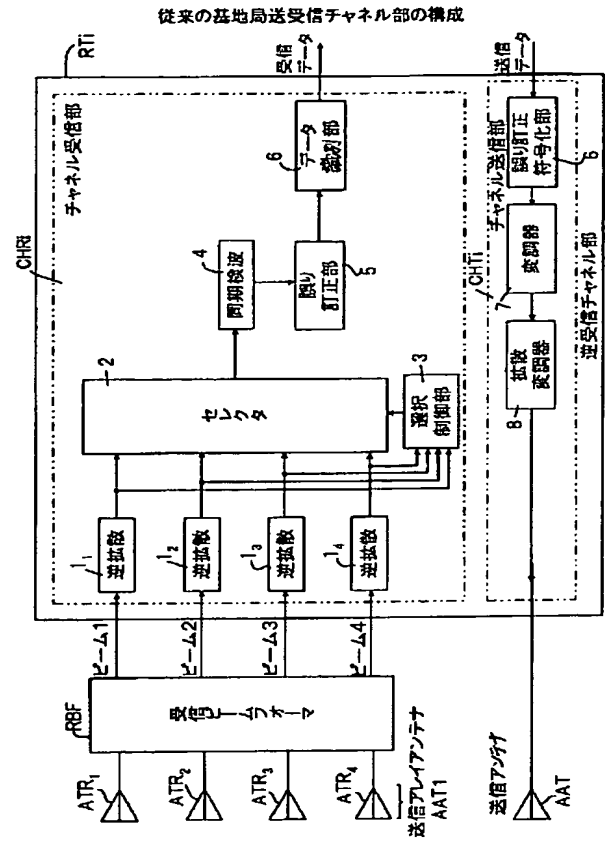
送信ビームフォーマの構成



【図15】



【図17】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**